



TITLE:

泌尿器科的手術におけるレーザー ロッドメスの使用経験

AUTHOR(S):

和志田, 裕人; 津ヶ谷, 正行; 平尾, 憲昭; 蜂須賀, 祐介

CITATION:

和志田, 裕人 ...[et al]. 泌尿器科的手術におけるレーザーロッドメスの使用経験. 泌尿器科紀要 1984, 30(7): 891-896

ISSUE DATE:

1984-07

URL:

<http://hdl.handle.net/2433/118231>

RIGHT:

泌尿器科的手術におけるレーザーロッドメスの使用経験

安城更生病院泌尿器科（部長：和志田裕人）

和 志 田 裕 人

津 ケ 谷 正 行

平 尾 憲 昭

蜂 須 賀 祐 介

EXPERIENCE USING THE LASER ROD IN
UROLOGICAL SURGERYHiroyo WASHIDA, Masayuki TSUGAYA,
Noriaki HIRAO and Yusuke HACHISUKA*From the Department of Urology, Anjo Kosei Hospital
(Chief: H. Washida)*

The clinical use of a new surgical tool the "Laser Rod" is presented. This rod is made of ceramics and utilizes a neodymium-doped yttrium aluminum garnet (Nd-YAG) laser. With the Laser Rod, the surgeon can cut tissue by mechanical contact and still feel the resistance from the target tissue.

In this study, this device has been used in various urological surgical procedures, such as nephrolithotomy, retropubic prostatectomy, ileocecal conduit diversion, urethroplasty and circumcision of the penis. Our results showed that laser surgery using this device, enables bloodless incision with minimal damage to adjacent tissue.

In conclusion, the Laser Rod will probably be very useful in urological surgery, and its indications should be expanded through further study.

Key words: Nd-YAG LASER, レーザーロッドメス, Urological surgery

は じ め に

レーザー (Laser) とは, Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation の頭文字をとった略語で, 直訳すれば "放射の誘導放出による光波の増幅" という意味である。レーザー光線は単一波長で指向性が高く, また位相もそろった可干渉性の光波である。言い換えれば, 純粋な光であって, その干渉作用により大きなエネルギーを得ることができるものである。

レーザーの歴史は, 1917年に Einstein が原子からの光の誘導放出を示したことに初まる。そしてその後誘導放出の研究が進められ, 1960年に Maiman¹⁾ がルビーレーザーの発振に成功し, つづいて He-Ne レーザーが開発されて以来, レーザー光線は医学の分野

にも応用され急速な進歩を遂げている。レーザー光線の医療への導入は, まず眼科領域での光凝固装置にはじまり, その後各専門分野へも普及されつつある。1973年 Nath ら²⁾ により flexible fiber が開発されるに到り, 泌尿器科領域においても内視鏡手術を中心に導入されている³⁻⁶⁾。

現在医療用レーザーとしては CO₂ レーザー, Argon レーザーおよび Nd-YAG レーザーが代表的なものであり, その特性からさまざまな用途に用いられている。このうち Nd-YAG レーザーは切離能には劣るが止血能に優れているため, これまでの内視鏡下の止血照射に応用されてきた。しかし最近になって優れた切離能力を備えた Nd-YAG レーザーの手術用メスが開発され, 一般外科への応用が試みられている。

今回著者は、組織に直接接触して切開することができる Nd-YAG レーザーロッドメスの使用機会を得て、各種泌尿器科手術への応用を試みたのでその詳細を報告する。

装 置

使用した装置は、Messerschmitt-Bölkow-Blohm 社製の Medilas YAG レーザー装置である。Nd-YAG レーザーは、YAG ($\text{Y}_3\text{Al}_5\text{G}_{12}$) の結晶中にレーザー物質として Neodymium を doping した固体レーザーである。このレーザーは発振波長が近赤外線域の $1.06\ \mu\text{m}$ であり、その特徴とするところは、組織表面での吸収が少なく、組織に対してより深く浸透してエネルギーが吸収されることである。このため他のレーザーと比較して組織の切開能では劣るが凝固能には優れ、また水や赤血球による吸収が少ないため、水中や血液中での操作も可能である。この装置の出力はライトガイド先端で最大 100 W であり、出力 (0~100 W) と照射時間 (0~10 sec) を任意に設定することができる。また発振装置からの導光路としては、柔軟で強靱な直径 0.6 mm の石英・シリコンファイバーが用いられ操作性が良好である。YAG レーザー光は非可視光であるため、パイロット光として波長 $0.62\ \mu\text{m}$ の He-Ne レーザー光を同軸上に導き、常時照射部位を確認することができる。

組織切開にあたっては、光ファイバーの先端にセラミックス製のロッドメスを装着する (Fig. 1)。セラミックスは融点が $2,400^\circ\text{C}$ と高く、また熱伝導率がきわめて低いという特性をもつ。このため通常のレーザー照射によって融解することがなく、またその熱エネルギーは放散することなくメスの先端に集中し、接触切開には有利である。このセラミックスロッドは Surgical Laser Technologies, Inc. の大工園が考案したもので (その許可を得て使用した)、先端径が 0.1~0.8 mm までそろい、用途に応じて選択して使用できる。このロッドメスによる切開に際しては、レーザー光がロッド先端から大きな発散角で出射し、そのためレーザービーム照射のような狭い発散角による深い凝固深達がなく、ロッド先端周囲のわずか 1 mm 以内の深達のみで、きわめて安全に切開することが可能である (Fig. 2)。

使 用 経 験

1) 皮膚および筋層切開

皮膚および筋層切開には先端径が 0.1 mm のロッドメスを使用し、皮膚・皮下組織は出力 10~20 W

で、また筋膜・筋層は出力 20~40 W で操作した。皮膚および皮下組織の切開にあたっては、出血がほとんどなく切開力も満足な結果であった (Fig. 3)。筋層切開を腰部斜切開において試みたところ、金属メスと比較してはるかに出血が少なく切開力も十分ではあったが、血管径約 1 mm 以上の比較的太い動脈からの出血に対しては止血効果が十分でなく結紮止血を必要とした。しかしその止血効果はレーザー出力と切開速度によって差があり、低出力でゆっくり切開し、皮膚から筋層まで完全無血切開をなした症例も経験した。著者は通常創部閉鎖にあたって、皮下組織の埋没

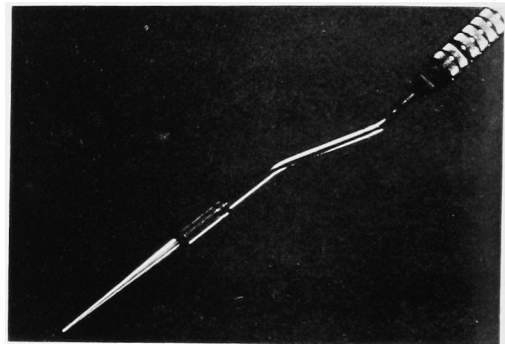


Fig. 1. The Laser Rod

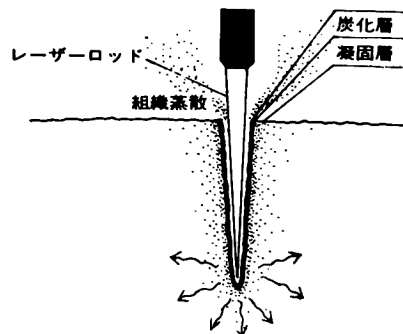


Fig. 2. Effect of laser radiation

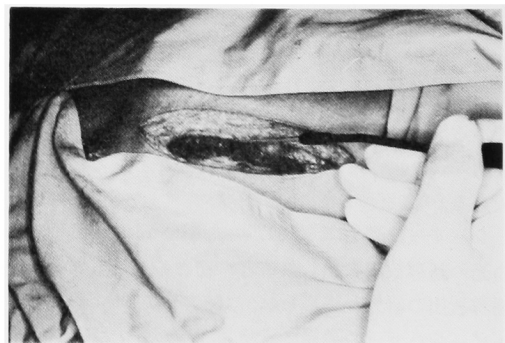


Fig. 3. Skin incision by Laser Rod

縫合をおこない、皮膚は縫合せずに創面テープで閉鎖する術式をとっているが、レーザー切開においても同様におこない、創部治癒に関してもなんら問題はなか

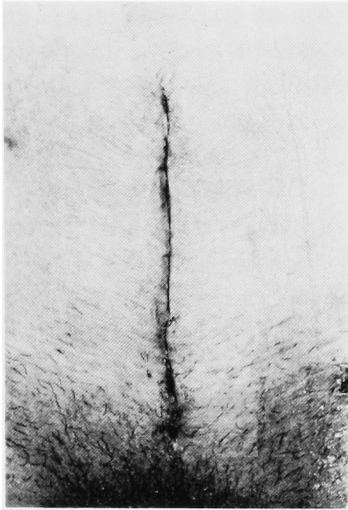


Fig. 4. Appearance of wound 10 days after operation

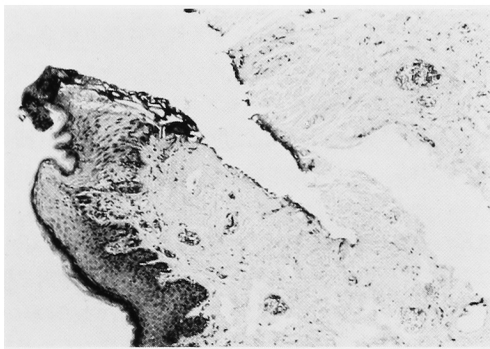


Fig. 5. Histological section of skin immediately after incision ($\times 50$)

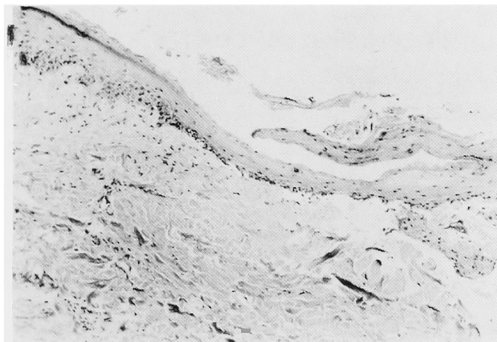


Fig. 6. Histological section of skin 10 days after operation ($\times 50$)

った (Fig. 4). 皮膚のレーザー切開創を組織学的にみると、切開直後では切開縁に沿う 1 mm 以内の凝固変性層を生じるのみであった (Fig. 5). また術後 10 日目の組織像では、切開部の上皮化が進み正常な治癒過程を示した (Fig. 6).

2) 腎切開

腎切開にあたってはロッド先端径 0.2 mm, レーザー出力 20~40 W で操作した. 今回は腎切石術に応用し、はじめは腎基を遮断せずに切開を試みたが、いくらか出血は少ないものの、やはり動脈性の出血に対しては止血効果がなく腎基遮断を必要とした (Fig. 7). 腎基遮断時のレーザー切開では、金属メスによる切開に比較して出血ははるかに少なく、切開力も十分であった. また切開による腎の組織障害の程度もごくわずかであった (Fig. 8).

3) 前立腺摘出術

被膜下前立腺摘出術において被膜切開を試みた. ロッド先端径 0.2 mm, レーザー出力 20~40 W で操作した. 著者はおもにミリン法をおこなっているが、通常の術式に従い被膜切開のみにレーザーを使用した. ここでもやはり、金属メスと比較して切開力は十分で



Fig. 7. Renal incision by Laser Rod

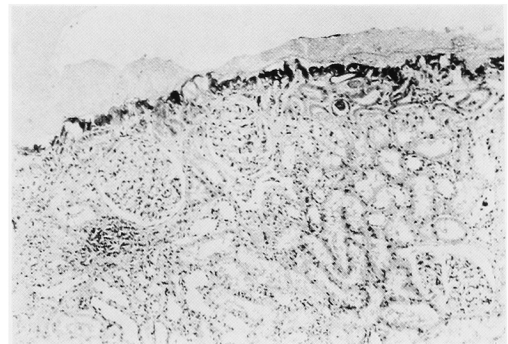


Fig. 8. Histological section of kidney immediately after incision ($\times 100$)

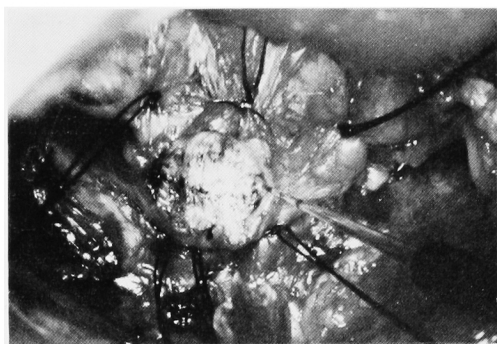


Fig. 9. Incision of prostatic capsule by Laser Rod

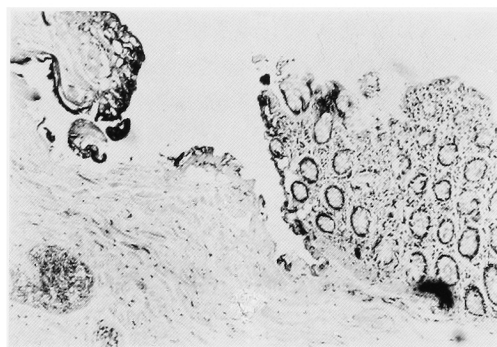


Fig. 10. Histological section of colon immediately after incision ($\times 100$)

あり出血の程度も少なくはあるが、動脈性の出血に対しては止血効果が少なく、縫合止血を必要とした (Fig. 9).

4) 腸管の手術

泌尿器科領域においても尿路変更や悪性腫瘍の浸潤などで腸管を扱う機会が多い。レーザーによる腸管切離の利点は、出血が少なくシャープな切離縁が得られ、縫合操作が容易となることにある。腸管切離にあたっては、ロッド先端径 0.1 mm, レーザー出力 20 W で操作した。ここでも切離能は満足するものであり、また出血もほとんどなく有用であった。組織学的にも粘膜や漿筋層の切離縁に浅い凝固層が形成されるのみで組織障害が少なかった (Fig. 10).

5) 陰茎の手術

陰茎手術へのレーザーの応用範囲は広いが、今回は環状皮膚切除術、尿道形成術および陰茎コンジローマ切除術に使用した。環状皮膚切除術にあたっては、クランプ式無血手術器を併用し、ロッド先端径 0.1 mm, レーザー出力 20 W で操作した。切開による出血はほとんどなく、また無血手術器の併用により切開部の

縫合も少なくすみ、手術時間の短縮も可能で非常に有用であった。尿道形成術では、ロッド先端径 0.1 mm, レーザー出力 20 W で皮膚の切開および剥離をおこなった。ここでもやはり出血が非常に少なく切開能も優れ有用であった。陰茎コンジローマではビーム照射による凝固のみで十分であるが、大きなコンジローマはロッドメスによる切除が有用であった。

考 察

近年レーザー光線の医療への応用が進み、レーザーメスも開発され普及されつつある。レーザーメスの利点としては、1) 切開創が鋭利で出血が少なく、また組織障害が少ない、2) 組織破壊や気化消滅が可能である、3) 切開と同時に加熱による滅菌作用がある、4) 術後の創部腫脹や疼痛が少ない、5) 電気メスのような感電の危険やモニター装置への影響がない、などである。現在医療用のレーザー装置としては CO₂ レーザー、Argon レーザーおよび Nd-YAG レーザーが代表的なものであり、それぞれに特徴を有している。CO₂ レーザーは高出力が得られ切開能に優れておりレーザーメスとして用いられてはいるが、水中や血液中で操作が困難であり、また flexible な導光路が開発されていないため手術操作に難点がある。Argon レーザーは高出力が得られずレーザーメスとしては不向きであるが、ヘモグロビンによる吸収率が高く止血効果に優れ、また flexible な導光路が開発されており、おもに内視鏡下の止血照射に用いられている。Nd-YAG レーザーは他のレーザーと比較して組織への深達性が強く凝固能に優れ、やはり flexible な導光路を利用できるために、内視鏡的止血照射や腫瘍照射に応用されている。ところで、これまでのレーザーメスはビーム照射による非接触切開型のものがほとんどで、金属メスのごとくに接触切開のできるメスの開発が期待された。

1981年 Doty ら⁷⁾により接触切開型のメスが開発され、近年その有用性についての報告もみられる⁸⁻¹⁰⁾。このメスは石英製のブレード型メスで、メスの先端から照射されるレーザー光によって組織の凝固脆弱化をおこし、メスに加えられた物理的な力により切開を可能としたものである。欠点としては石英製であるため非常に脆かつ耐熱性にも劣り、数回の使用で切れ味が落ち交換を必要とすること、また切開に際して炭化した血液や組織片が付着しやすく、その除去に労を要することがあげられる。これに対して著者の使用した接触型メスはセラミックス製のロッド型メスで、ロッド先端から照射されるレーザー光の組織蒸散作用に

より切開を可能としたものである。このロッドメスはセラミックス製であるため強靱かつ耐熱性にも優れ、切開にあたって破損や摩耗することが少なく、ロッドの交換も不要である。さらに、ロッド先端への組織片の付着もほとんどなく操作性も良好である。このロッドメスによる切開に際しては、レーザー光がロッド先端から大きな発散角で出射するため近接組織への障害がきわめて少なく、また組織から少し離れて照射すればほとんど影響がなく安全性も高い。

Kaplan^{11,12)}によれば、レーザー手術は肝、腎などの実質臓器の手術、および皮膚、乳房など体表面の手術や形成外科手術に適するとされている。今回著者がこのロッドメスを使用した経験では、皮膚・筋層切開、腸管切離および陰茎の手術には出血も少なく切開力も十分であり非常に有効であった。しかし、実質臓器である腎や血流豊富な前立腺被膜の切開にあたっては出血は少ないものの、太い動脈からの出血には十分な止血効果が得られずレーザー止血の限界を感じた。文献上、レーザーで止血可能な血管径は1 mm までとする報告が多いが、径1.5~2 mm までは止血可能とする報告もある^{10,13,14)}。このようにレーザーメスの特徴のひとつである無血切開にも限界はあるものの、やはりその止血効果は高く、また切開による組織障害がきわめて少ないことからその応用範囲は広いものと思われる。

近年泌尿器科領域でのレーザー手術に関する報告もみられ^{4,15)}、レーザーメスの有用性については多くの認めるところではあるが、今後もその安全性の追求、手技の習熟のみならず、さらにその適応症例の選択がなされレーザーの特性を十分に活かす手術法がなされるべきであると考えられる。

結 語

1) 接触切開が可能なNd-YAGレーザーロッドメスを泌尿器科の手術へ応用し、その有用性について検討した。

2) 皮膚・筋層切開、腸管切離および陰茎の手術では出血が少なく非常に有効であったが、腎切開および前立腺被膜切開では太い動脈からの出血に対して十分な止血効果が得られなかった。

3) 術後の創部治癒は良好で、また術後の疼痛も軽微であった。

4) 切開創の組織学的検索では皮膚、腎、腸管とも組織障害が非常に少なく、また術後10日目の皮膚切開創の治癒過程も正常であった。

5) このレーザーロッドメスは切開力、止血効果と

もにほぼ満足するものであり、また組織障害が少ない点でも有用性が高く、今後その適応範囲が広がるとの感触を得た。

本論文の要旨は第142回日本泌尿器科学会東海地方会において発表した。なお稿を終えるにあたり本研究に協力を頂いたSurgical Laser Technologies, Inc.の大工園則夫氏に心より謝意を表する。

文 献

- 1) Maiman TH : Stimulated optical radiation in ruby. *Nature* **187** : 493~494, 1960
- 2) Nath G, Gorisch W and Kieffhaber P: First laser endoscopy via a fiberoptic transmission system. *Endoscopy* **5** : 208~213, 1973
- 3) 土屋 哲・今村浩一・間宮良美・秋鹿唯男・大隅泰・小原信夫・松本哲夫・大井鉄太郎・加藤治文・早田義博 : Hematoporphyrin derivative とレーザー光線照射による膀胱腫瘍の診断と治療。日泌尿会誌 **74** : 1130~1139, 1983
- 4) 岸本 孝 : 泌尿器科領域におけるレーザーの応用。医学のあゆみ **124** : 567~571, 1983
- 5) Hofstetter A, Frank F, Keiditsch E and Böwering R : Endoscopic neodymium-YAG laser application for destroying bladder tumors. *Eur Urol* **7** : 278~282, 1981
- 6) Staehler G : Anwendungsmöglichkeiten des Neodym-YAG-Lasers in der Urologie. *Z Urol Nephrol* **75** : 711~721, 1982
- 7) Doty JL and Auth DC : The laser photocoagulating dielectric waveguide scalpel. *IEEE Transactions on Biomedical Engineering* **28** : 1~9, 1981
- 8) Durtschi MB, Stothert JC, Ashleman B, Auth DC, Lee MJ, Heimbach DM and Carrieco CJ : Laser scalpel for solid organ surgery. *Am J Surg* **139** : 665~668, 1980
- 9) 佐野文男・中西昌美・葛西洋一 : 腹部手術におけるレーザーの応用。手術 **37** : 299~306, 1983
- 10) 岩崎 甫・笹子三津留・高見 実・片山憲特・牛山孝樹・丸山雄二・和田達雄 : 一般外科領域におけるNd-YAGレーザーの応用。手術 **37** : 281~288, 1983
- 11) Kaplan I and Ger R : The carbon dioxide laser in clinical surgery. A preliminary report. *Israel J Med Sci* **9** : 79~83, 1973

- 12) Kaplan I, Ger R and Sharon U: The carbon dioxide laser in plastic surgery. Brit J Plastic Surg **26** : 359~362, 1973
- 13) 佐野文男・葛西洋一・中島保明・北野明宣・吉川紀雄・玉置透・目黒順一：炭酸ガスレーザーメスの一般外科的応用. 医科学 **50** : 33~39, 1980
- 14) 比企能樹・三條晃郎・阿曾弘一：内視鏡的レーザーの応用. 手術 **37** : 289~297, 1983
- 15) 河村信夫・勝岡洋治・村上泰秀・大越正秋・ナロン・ニムサクン：炭酸ガス - レーザーメスの泌尿器科的手術への応用 (第1報). 臨泌 **33** : 179~181, 1979

(1984年3月6日迅速掲載受付)